

Aloys Wobben  
Argestraße 19, 26607 Aurich

---

Verfahren zur Errichtung einer Windenergieanlage, Windenergieanlage

---

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Errichtung einer Windenergieanlage sowie die Windenergieanlage in ihrer Ausgestaltung selbst.

5 Bisher wird bei der Errichtung von Windenergieanlagen zunächst ein Fundament erstellt, dann der Turm der Windenergieanlage errichtet und anschließend das Maschinenhaus an der Turmspitze ausgerüstet und der Rotor mit den Rotorblättern angebracht. Hiernach werden die elektrischen Leistungs-  
module wie der Transformator, Schaltschränke, gegebenenfalls Wechselrichter, Mittelspannungsanlage, usw. installiert. Dies geschieht fast immer in einem  
10 eigenen kleinen Gebäude außerhalb der Windenergieanlage.

In DE 198 16 483.1 ist bereits schon vorgeschlagen worden, den Transformator innen im Turm unterzubringen, so dass es in der Errichtung eines eigenen Trafogebäudes mit eigenem Fundament nicht mehr bedarf.

15 Aufgabe der Erfindung ist es nun, ein Verfahren zu entwickeln, mittels dem die Errichtung von Windenergieanlagen noch günstiger, vor allem aber auch schneller vorgenommen werden kann.

Ferner ist es das Ziel der Erfindung, insbesondere eine Lösung zur Verfügung zu stellen, die für Offshore-Windenergieanlagen geeignet ist.

20 Die Aufgabe wird mit einem Verfahren mit den Merkmalen nach Anspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den Unteransprüchen beschrieben.

Gemäß der Erfindung wird zunächst vorgeschlagen, dass das Leistungsmodul in einem Behälter angeordnet ist, welcher Wandungen aufweist, die zwischen der Wandung des Turms und dem Leistungsmodul liegen. Mithin erfährt also das Leistungsmodul eine eigene Einhüllung bzw. wird in einem separaten  
5 Raum innerhalb des Turms der Windenergieanlage untergebracht. Der besondere Vorteil dieser Lösung besteht darin, dass damit in besonderer Weise bei Offshore-Windenergieanlagen gewährleistet werden kann, dass bei Eindringen von Wasser in den Turm nicht auch gleich das Leistungsmodul und die darin installierten elektrischen Einrichtungen in Mitleidenschaft gezogen  
10 werden.

Wenn der Transformator und die weiteren Teile des Leistungsmoduls wie Schaltanlagen, Wechselrichter usw. in einem separaten Raum innerhalb der Windenergieanlage untergebracht sind, ist es auch relativ einfach, diese Bauteile von der übrigen Raumluft innerhalb des Turms der Windenergieanlage zu  
15 trennen. Dies kann unter Umständen in einer Windenergieanlage dann sehr wichtig sein, wenn diese als Offshore-Windenergieanlage betrieben ist und daher ein gewisser Salzgehalt innerhalb der Luft nicht unwahrscheinlich ist. Durch die Einhausung der elektrisch empfindlichen Teile können diese grundsätzlich von der salzhaltigen Innenluft innerhalb des Turms der Windenergie-  
20 anlage ferngehalten werden, indem beispielsweise die Einhausung und das Leistungsmodul auch mit einer begehbaren Schleuse ausgestattet ist. Sofern für die elektrischen Teile innerhalb der Einhausung eine Kühlung notwendig ist, so kann durch entsprechende Kühlkanäle, die in das Turminnere führen und beispielsweise auch an der Turmwandung entlang führen, Luft hier in die  
25 Kühlkanäle eingetragen (über Ventilator) werden und gelangt dann gekühlt wiederum in die Einhausung zurück, so dass innerhalb der Einhausung stets die gleiche Luft umgewälzt wird und diese nicht mit der u.U. salzhaltigen Luft im übrigen Turminnere angereichert wird.

Das Leistungsmodul in dem Behälter kann abweichend von der bisherigen  
30 Konstruktion von Windenergieanlagen, nach Errichtung des Fundaments der Windenergieanlage bereits vor Errichtung des Turms auf dem Fundament

aufgesetzt werden oder der Behälter mit dem Leistungsmodul wird bereits werksseitig innerhalb des Turms angebracht und fixiert, so dass die Errichtung der Windenergieanlage auch möglich ist, ohne dass die gegenüber Feuchtigkeit und Nässe empfindlichen elektrischen Teile der Offshore-  
5 Windenergieanlagen bei Errichtung dieser Anlagen in Mitleidenschaft gezogen werden.

Die Leistungsmodule sind soweit wie möglich bereits vorgefertigt und auf Trägern montiert, so dass durch einen Kran, den man ohnehin zur Errichtung einer Windenergieanlage benötigt, die Leistungsmodule auf dem Turmfundament oder einer Plattform aufgestellt werden können und die gesamte Betriebsfertigung, insbesondere das Verlegen von Kabeln sowie die gesamte Betriebsvorbereitung der Windenergieanlage durch Einstellung einzelner Steuerungsmodule, Einrüstung der Schaltschränke etc. in einem geschützten Raum stattfinden kann und mit diesen Tätigkeiten begonnen werden kann,  
10  
15 nachdem der Turm errichtet wurde.

Besonders vorteilhaft ist es auch, wenn die Träger der Leistungsmodule und/oder der Behälter für das Leistungsmodul an ihrer Unterseite Stützfüße aufweisen, die wiederum auf vorpositionierten Platten auf dem Turmfundament ruhen. Diese Platten werden bereits bei der Erstellung des Fundaments  
20 an bestimmten Positionen eingelassen und in dem Fundament fixiert, so dass eine spätere Aufstellung der Leistungsmodule auf sehr einfache Weise vorgenommen werden kann.

Schließlich ist es auch sehr vorteilhaft, wenn für die Kabel, die aus der Windenergieanlage herausführen, also insbesondere die Stromübertragungskabel, Steuerungskabel etc. Leerrohre vorgesehen sind. Für diese Leerrohre sind im  
25 Fundament einer Windenergieanlage bzw. oberhalb des Fundaments Leerrohrtraversen vorgesehen und diese Leerrohrtraversen fixieren die Leerrohre in einer definierten Lage. Hierzu werden die Traversen mittels Haltearmen, die ihrerseits wiederum in Teilen des Fundaments oder an der unteren Sektion  
30 der Kabelzuführung exakt vorbestimmt werden und vor allem auch so gelegt

werden, dass die Kabel, die aus dem Leistungsmodul in das Fundament reichen, über einen normierten kürzesten und optimalen Kabelweg verfügen.

Die erfindungsgemäßen Maßnahmen erleichtern also auch die gesamte elektrische Einrichtung der Windenergieanlage durch eine Vorfertigung von einzelnen Modulen bzw. Normierung wie Leerrohrtraversen, Leistungsmodulträgern etc. bereits bei der Fundamenterrichtung.

Mit den erfindungsgemäßen Maßnahmen lässt sich die gesamte Errichtungszeit der Windenergieanlage deutlich verkürzen. Auch lassen sich mit der Erfindung die Kosten für die gesamte Errichtung der Windenergieanlage verringern, ohne dass irgendwelche technischen Nachteile in Kauf genommen werden müssen.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines in einer Zeichnung ausgeführten Beispiels näher erläutert.

Figur 1 zeigt eine Aufsicht auf ein voreingerichtetes Fundament (ohne Betonfüllung) mit einer Stahlarmierung 1 und 2, an einem Leerrohr 3, welches über eine Verstrebung mit einer an die Armierung angrenzende unterste Turmsektion gehalten wird. Ferner sind Tragplatten 5 zu erkennen, die für Haltearme in der untersten Turmsektion (die später nach der Errichtung der Windenergieanlage größtenteils nicht mehr zu sehen sind) angebracht sind.

Das Leerrohr 3 dient später zur Aufnahme von Kabeln, beispielsweise der Stromkabel, über die die gesamte elektrische Energie der Windenergieanlage zum Netz über Erdkabel abgeführt wird. Hierzu ist oftmals nicht nur ein einziges Rohr, sondern mehrere Rohre vorgesehen.

Figur 2 zeigt die Fundamentsektion nach Einfüllung des Betons. Hierbei ist zu sehen, dass die Leerrohre in ihrer vorfixierten Position verbleiben und auch die Tragplatten mit einbetoniert sind, wobei beim Betonieren darauf zu achten ist, dass die Tragplatten satt auf dem Konstruktionsbeton aufliegen und so einen flächigen Lastabtrag gewährleisten. Der Beton reicht bis zur Oberkante der Tragplatten und ist sorgfältig an den Plattenrand angearbeitet.

Nach Aushärtung des Betons können die Haltearme zum Halten der Tragplatten wie auch die Traversen zur Fixierung der Leerrohre abmontiert und für die Errichtung weiterer Anlagen wiederverwendet werden.

5 Nach dem Aushärten des Betons wird zur weiteren Errichtung der Windenergieanlage nicht – wie bis dahin üblich – der Turm auf die Fundamentsektion aufgesetzt, sondern es wird zunächst das erfindungsgemäße Leistungsmodul auf die Tragplatten gestellt.

10 Ein solches Leistungsmodul 7 ist in Figur 3 in einer zweiteiligen Ausführung noch ohne Einhausung gezeigt, wobei das Leistungsmodul auch aus weiteren Teilen bestehen kann.

Die beiden Teile des Leistungsmoduls 7 sind im dargestellten Beispiel übereinander gestellt und das gesamte Leistungsmodul besteht aus zwei übereinandergestellten Trägern 8, die ihrerseits wiederum wesentliche Teile der Leistungsmodule aufnehmen, also beispielsweise den Transformator, Wechselrichter, Schaltschränke, Mittelspannungsanlage etc.

Die übereinandergestellten Träger sind nach Art eines Rahmens aufgebaut und passen exakt übereinander, so dass auch eine zuverlässige Befestigung gegeneinander gewährleistet ist.

20 Die einzelnen Träger weisen unter anderem vier – ein Rechteck aufspannende – vertikal ausgerichtete Holme auf, die untereinander verbunden sind. Diese Holme sind an ihrer Unter- und Oberseite miteinander verschraubt.

Nach der Aufstellung des elektrischen Leistungsmoduls auf dem Fundament wird der Turm errichtet und hierbei über das Leistungsmodul gestülpt. Dazu sind die äußeren Abmaße des Leistungsmoduls hinsichtlich Breite und Länge geringer als der Innendurchmesser des Turms im unteren Turmbereich/Fundamentbereich.

Nach Errichtung des Turms wird die Windenergieanlage wie üblich mit dem Maschinenhaus ausgestattet, der Rotor wird montiert und für die Inbetrieb-

nahme werden entsprechende elektrische Verbindungen zwischen dem Generator und dem Leistungsmodul hergestellt und es erfolgt der Anschluss des Leistungsmoduls (Ausgang des Transformators) an das Stromversorgungsnetz.

- 5 Wenn die vorbeschriebenen Leerrohre bzw. für die Kabeldurchführung vorgesehenen Einrichtungen in bestimmter vorbeschriebener Position vorfixiert sind, kann auch die Verbindung zwischen dem Leistungsmodul und dem Netz äußerst schnell und günstig hergestellt werden, wobei die Kabellängen insgesamt optimiert sind, weil die Leerrohre dort positioniert sind und damit die Kabel dort aus dem Fundament austreten, wo sie bei einer normierten, optimierten  
10 Bauweise zur Verbindung mit den entsprechenden Teilen des Leistungsmoduls benötigt werden.

- Bei der erfindungsgemäßen Windenergieanlage ist es vorteilhaft, wenn der Zugang der Windenergieanlage nicht mehr unbedingt im festen Fundamentbereich durch eine übliche Tür erfolgt, sondern durch eine Tür (Zugang), die so  
15 positioniert ist, dass sie in den Bereich oberhalb der Hoch- oder Mittelspannung führenden Teile des Leistungsmoduls mündet. Hierzu kann an der Außenseite des Turms eine entsprechende Leiter oder Treppe vorgesehen sein. Diese Positionierung der Zugangstür hat den Vorteil, dass das Personal, welches die Anlage häufiger betreten muss, sich nicht stets an den Spannungen  
20 führenden Teilen des Leistungsmoduls vorbei bewegen muss, während die Anlage in Betrieb ist. Damit wird auch sichergestellt, dass nicht unvorhergesehenerweise oder aus Versehen während des Betriebs der Windenergieanlage jemand sich in unmittelbarer Nähe des Leistungsmoduls befindet und hierbei  
25 in Berührung mit spannungs- oder stromführenden Teilen kommt, was einen großen Unfall verursachen könnte.

- Im Bereich der Zugangstür des Turms ist dann eine entsprechende Zwischenplattform vorgesehen, die das Personal, welches den Turm betritt, begehen kann, um dann im Inneren des Turms weiter in der Windenergieanlage hoch  
30 zu steigen oder an verschiedenen Steuereinrichtungen Einstellungen vorzunehmen oder auch Messdaten abzulesen.

Bei einer Windenergieanlage des erfindungsgemäßen Typs handelt es sich um eine solche, die regelmäßig über mehr als 100 kW Nennleistung verfügt, vorzugsweise eine Nennleistung im Bereich von 500 kW, 1 MW, 1,5 MW oder deutlich mehr aufweist. Bevorzugt ist die Zwischenplattform mit einer schließbaren Platte versehen, durch die das Personal in den unteren Bereich des Leistungsmoduls einsteigen kann. Mit dem Verschluss der Klappe ist eine weitere Sicherung des unteren Teils des Leistungsmoduls gegen unbefugten Zugriff bzw. Zutritt gewährleistet.

Der innere Durchmesser des Turms im Fundamentbereich kann dabei mehrere Meter betragen, so dass die gesamte Fläche dort z. B. 100 m<sup>2</sup> oder mehr beträgt und daher eine ausreichend große Fläche zur Aufnahme der Leistungsmodule zur Verfügung steht. Soweit in dieser Anmeldung der Begriff „Leistungsmodul“ verwendet wird, so ist damit insbesondere der Umrichter- und Netzübergabe-Bereich der Windenergieanlage gemeint. Dies sind insbesondere die Aggregate wie Transformator oder Wechselrichter oder Notschalter sowie der Mittelspannungsschaltschrank oder auch die Verteiler.

Wie erwähnt, soll das Leistungsmodul in einem eigenen Behälter bzw. Raum innerhalb der Windenergieanlage untergebracht werden. Dieser Behälter kann aus einem zylindrischen Rohr bestehen, welcher nach Aufsetzen des Leistungsmoduls auf dem Fundament über das gesamte Leistungsmodul gestülpt wird oder das Leistungsmodul wird bereits werksseitig innerhalb des zylindrischen Rohrs untergebracht, so dass zum Transport des zylindrischen Rohrs das gesamte Leistungsmodul transportiert wird. Der Behälter kann insbesondere auch nach allen Seiten hin weitestgehend geschlossen sein, wird jedoch mit wenigstens einer Zugangstür versehen und wenn das Leistungsmodul auf mehreren Ebenen innerhalb des Rohres ausgebildet ist, so ist es auch möglich, die verschiedenen Ebenen des Leistungsmodul über Treppen bzw. Leitern innerhalb des Moduls zu erreichen.

Innerhalb des Behälters kann ein zusätzlicher Raum vorgesehen sein, der z.B. als Umkleideraum und/oder Aufenthaltsraum für Menschen wie Servicetechniker usw. zur Verfügung steht. Dies ist insbesondere dann sehr sinnvoll, wenn

die Erfindung bei Offshore-Windenergieanlagen realisiert wird und in einem Schlechtwetterfall die Techniker gezwungen sind, eine gewisse Zeit innerhalb der Windenergieanlage zu verbleiben. Dieser Raum sollte daher auch mit den notwendigsten Utensilien versorgt sein, die einen längeren Aufenthalt ermöglichen wie z.B. Frischwasser, Nahrung, Schlafmöglichkeiten, Kommunikations-  
5 geräte.

Weiterhin kann dieser Raum eine Schleusenfunktion übernehmen und gegen das Innere der Windenergieanlage hermetisch abschließbar sein. Somit können sich Personen z.B. im Falle eines Feuers in der Windenergieanlage dort-  
10 hin retten und ihrer Bergung veranlassen und warten.

Soweit die Einhausung aus einem zylindrischen Rohr besteht, können die oberen und unteren Rohrenden bzw. weitere eventuell vorhandene Zusatzöffnungen für den Transport zum Aufbau verschlossen werden oder die oberen und unteren Rohrenden sind von vornherein fest verschlossen, so dass auch  
15 bei schwerem Wetter ein Transport zur Baustelle bzw. eine Unterbrechung der Bautätigkeit nicht mit der Gefahr einhergeht, dass Seewasser oder Feuchtigkeit in den Behälter und damit an die elektrisch empfindlichen Teile des Leistungsmoduls geraten kann.

Soweit eine Kühlung der Leistungsmodulelemente notwendig ist, ist auch der Behälter so ausgestattet, dass ein Luftaustausch zwischen dem Inneren des Leistungsmoduls und dem Turminnere der Windenergieanlage möglich ist.  
20 Bevorzugt kann auch nur eine Wärmeabgabe der Abwärme des Leistungsmoduls an das Turminnere jedoch außerhalb des Leistungsmoduls erfolgen. Dazu kann ein geschlossener Luftkreislauf für das Leistungsmodul vorgesehen  
25 sein, der die Wärme über einen geeigneten Wärmetauscher, z.B. in Form einer Kühlschlange, an das Turminnere abgibt.

Soweit eine Kühlung der einzelnen Elemente des Leistungsmoduls notwendig ist, so kann dies auch dadurch geschehen, indem Luft aus dem Inneren der Einhausung über Luftkanäle 12 - Fig. 7 - (Luftschächte), die einerseits in die  
30 Einhausung münden, geführt wird und diese Luftschächte an einer anderen



Stelle wiederum in die gekühlte Luft in die Einhausung zurückführen. Durch Ventilatoren am Eingang und/oder Ausgang der einzelnen Luftschächte ist eine Zwangskonvektion der Luft innerhalb der Einhausung einzustellen. Wenn diese Luftkanäle (Luftschächte) direkt am Turm der Windenergieanlage in  
5 Kontakt zu diesem geführt werden, beispielsweise auch in mehreren Lagen übereinander spiralförmig, so wird die Luft innerhalb der Luftkanäle gekühlt, weil die Turmwandung selbst ein Kühlelement bildet, welches von außen stets von Luft oder Wasser umströmt wird. Die vorgenannte Variante hat den besonderen Vorteil, dass das Innere der Einhausung dann stets vom Inneren  
10 des Turms getrennt ist und wenn die Windenergieanlage eine Offshore-Windenergieanlage ist, so ist das Innere der Einhausung sehr sicher davor geschützt, mit eventuell salzhaltiger Luft, die in das Turminnere eingedrungen ist, in Berührung zu kommen. Damit werden sämtliche elektrischen Teile des Leistungsmoduls im Inneren der Einhausung gegen den Kontakt von sehr ag-  
15 gressiver Luft, wie salzhaltiger Luft geschützt, ohne dass unbedingt Maßnahmen notwendig sind, gleich das gesamte Turminnere gegen das Eindringen von salzhaltiger Luft zu schützen.

Es bietet sich bei einer geschlossenen Einhausung für den Transformator und die anderen elektronischen Elemente an, innerhalb der Einhausung auch eine  
20 Brandschutzeinrichtung unterzubringen, welche aktiviert wird, wenn dort ein Brand ausbricht. Diese Brandschutzeinrichtung kann beispielsweise auch darin bestehen, dass die gesamte Einrichtung mit einem Inertgas geflutet wird, z.B.  $\text{CO}_2$ , so dass der Sauerstoffgehalt innerhalb der Einhausung verringert wird und somit einem eventuellen Brand der notwendige Sauerstoff entzogen  
25 wird. Statt einem Gas wie  $\text{CO}_2$  kann aber auch ein Gas wie Stickstoff oder ein anderes Inertgas eingetragen werden. Dieses Inertgas wird im Tank aufbewahrt und wird über einen oder mehrere Sensoren, die bei einem Brandfall (oder bei stark erhöhter Temperatur) ansprechen, über ein Ventil, welches den Tank mit dem Inertgas verschließt, geöffnet, so dass das Inertgas sehr schnell  
30 in die Einhausung einströmen kann.

Unter Umständen sind Sicherheitsvorrichtungen ausgebildet, mittels denen verhindert wird, dass das Inertgas dann in die Einhausung einströmen kann, wenn sich dort Menschen befinden. Eine solche Sicherheitsvorrichtung kann beispielsweise auch Schaltelemente enthalten, die seitens des Bedienungs-  
5 personals bei Begehung der Einhausung aktiviert werden, so dass dann das Einströmen der Inertgase in die Einhausung verhindert ist.

Für den Fall, dass dennoch einmal salzhaltige Luft in die Einhausung gelangen sollte, ist es auch vorteilhaft, wenn innerhalb der Einhausung Mittel vorhanden sind, um die dort vorhandene Luft zu entsalzen.

10 Damit möglichst wenig salzhaltige Luft in die Einhausung gelangen kann, ist es auch vorteilhaft, wenn die Einhausung mit einer Schleuse versehen ist, welche bevorzugt aus einem glasfaserverstärkten Kunststoff (GFK) hergestellt ist. Wenn das Bedienungspersonal über die Schleuse in die Einhausung ein-  
treten möchte, wird Luft in die Schleuse gedrückt, so dass das Bedienungs-  
15 personal gegen einen Luftstrom in die Einhausung gehen kann. Daher ist es vorteilhaft, wenn die Einhausung auch mit einem weiteren Tank verbunden ist, innerhalb dem weitgehend salzfreie Luft gespeichert wird und welche dann in die Einhausung gedrückt wird, wenn Bedienungspersonal über die Schleuse in die Einhausung gehen möchte.

20 Es ist ferner auch vorteilhaft, wenn innerhalb der Einhausung Mittel vorhanden sind, die so ausgebildet sind, die Feuchtigkeit innerhalb der Einhausung zu minimieren. Ein solches Mittel kann beispielsweise ein Peltier-Element sein.

Die Mittel zur Entsalzung der Luft wie auch zur Verringerung der Feuchtigkeit werden gegebenenfalls dann aktiviert, falls entsprechende Sensoren, die auf  
25 den Salzgehalt in der Luft oder die Feuchtigkeit ansprechen, das Überschreiten eines bestimmten Salzwertes bzw. Feuchtigkeitswerte feststellen. Die Mittel zur Entsalzung der Luft wie auch zur Verringerung der Feuchtigkeit werden dann so lange aktiviert, bis der Salzgehalt und/oder Feuchtigkeitsgehalt unter wenigstens einen vorbestimmten Wert gefallen ist.

Die Einhausung mit dem darin eingeschlossenen Leistungsmodul kann auf dem Fundament der Windenergieanlage aufgestellt werden oder auf einer Plattform innerhalb des Turms der Windenergieanlage. Diese Plattform kann bevorzugt auch sehr weit oben gerade unterhalb des Maschinenhauses der Windenergieanlage angebracht werden, um somit die bestmögliche Art und Weise zu gewährleisten, dass so wenig Salz wie möglich bei einer Windenergieanlage, die als Offshore-Anlage aufgestellt ist, in die Einhausung gelangen kann.

Vorteilhaft ist ferner auch, wenn die Daten, die die Sensoren für den Salzgehalt und/oder die Feuchtigkeit messen, an eine Zentrale weitergeleitet werden, in der die gesamte Windenergieanlage gesteuert bzw. überwacht wird. Über die Zentrale können die Mittel zur Verringerung des Salzgehaltes bzw. zur Verringerung der Feuchtigkeit innerhalb der Einhausung aktiviert werden.

Zur Vermeidung des Ausbruchs eines Brandes bei Teilen des Leistungsmoduls ist es auch möglich, dass während des Normalbetriebs innerhalb der gesamten Einhausung eine sauerstoffarme Atmosphäre herrscht. Dies kann beispielsweise dadurch geschehen, dass der Luft innerhalb der Einhausung Sauerstoff entzogen wird, so dass der Sauerstoffgehalt unter dem normalen Sauerstoffgehalt von Luft sinkt. Natürlich ist es auch möglich, dass in der gesamten Einhausung ein hoher CO<sub>2</sub>-Gehalt (bis zu 100%) oder Stickstoffgehalt (bis zu 100%) oder eines anderen Inertgases (aus einem Tank) verwirklicht ist. Erst dann, wenn das Bedienungspersonal die Einhausung betreten will, wird dann innerhalb der Einhausung wieder eine normale Atmosphäre hergestellt, so dass der Aufenthalt in der Einhausung möglich ist. In einem solchen Fall ist es sinnvoll, wenn die Schleuse erst dann zu öffnen ist, wenn innerhalb der Einhausung eine Atmosphäre hergestellt ist, die den Aufenthalt innerhalb der Einhausung ohne Atemgeräte ermöglicht.

Die erfindungsgemäße Einhausung kann nicht nur innerhalb der Windenergieanlage untergebracht werden, sondern auch direkt außenseitig am Turm angebracht werden. Dies kann beispielsweise dadurch geschehen, indem die gesamte Einhausung auf einer Plattform außenseitig am Turm angebracht

wird oder direkt am Turm befestigt wird. Ist die Einhausung als geschlossenes Rohr ausgeführt und ist dieses Rohr außenseitig am Turm angeordnet, so kann die Begehung der Einhausung über eine Tür bzw. Schleuse zur Einhausung und dem Inneren des Turms erfolgen. Auch bei dieser Variante ist es  
5 ohne weiteres möglich, dass das Innere der Einhausung über Luftkanäle, die in den Turm hereinragen oder diesen umgeben, gekühlt wird, ohne dass die Außenluft, die die Windenergieanlage umgibt, in Berührung kommt mit der Luft innerhalb der Einhausung.

Es ist ferner vorteilhaft, wenn die Einhausung mehrteilig ausgebildet ist, so  
10 dass beispielsweise bei Austausch eines einzelnen Teils des Leistungsmoduls nicht die gesamte Einhausung entfernt werden muss, sondern nur das Modulteil der Einhausung, welches direkt das auszuwechselnde Teil des Leistungsmoduls umgibt.

Fig. 5 zeigt eine Seitenansicht einer erfindungsgemäßen Windenergieanlage  
15 12 mit einem Turm 9. Fig. 6 zeigt einen Schnitt entlang der Linie A-A in Fig. 5. Hierbei ist in Fig. 6 zu sehen, dass zwischen dem Leistungsmodul 7 und der Turmwandung eine Einhausung 10 liegt, wobei diese Einhausung 10 ebenfalls ein Rohr sein kann.

Fig. 7 zeigt einen Längsschnitt durch den Turmbereich. Hierbei ist zu sehen,  
20 dass wiederum die Einhausung 10 das Leistungsmodul 7 von der Turmwandung 9 vollständig abschirmt. Für die Kühlung des Leistungsmoduls wird die Luft innerhalb der Einhausung über einen Ventilator 11 in einen Luftkühlkanal 12 geströmt und dieser Luftkanal 12 ist zum Teil direkt an die Turmwandung 9 gelagert, so dass insbesondere dort die erwärmte Luft abgekühlt werden kann  
25 und dann wiederum in die Einhausung 10 zurückströmen kann. Es liegt auf der Hand, dass die Luftkühlkanäle jedwede Form annehmen können, insbesondere auch spiralförmig an der Turmwandung 9 entlang geführt werden können, um somit eine optimale Kühlung der Luft innerhalb des Luftkanals 12 zu erreichen.

Figur 8 zeigt eine Ausrissdarstellung einer erfindungsgemäßen Windenergieanlage, bei welcher zu erkennen ist, dass verschiedene Teile der Windenergieanlage innerhalb einer Einhausung auf verschiedenen Ebenen liegen.

Figur 9 zeigt einen Teilausschnitt in der Aufsicht auf eine der in Figur 8 dargestellten Ebenen. Figur 9 zeigt eine Aufsicht (im Ausriss) auf die Eingangsebene (dritte Ebene), in der ein Steuerschrank, Steuerpult, DUV-Pult usw. untergebracht sind. Die dort verlegten Bodenplatten sind demontierbar, um Teile, die unterhalb dieser Ebene liegen, in die dritte Ebene und damit auch in die Eingangs- und Ausgangsebene zu befördern. Dies ist unter Umständen dann wichtig, wenn beispielsweise ein Teil aus der ersten und zweiten Ebene mittels eines Krans in die dritte Ebene hochbewegt werden muss, um dann über den Eingang der Windenergieanlage nach draußen befördert zu werden.

Figur 11 zeigt einen Teilausschnitt auf eine Leistungsschrankebene. Solche Leistungsschrankebenen können auch in mehreren Ebenen, z. B. in der 4., 5., 6. und 7. Ebene ausgebildet werden, weil bei größeren Anlagen regelmäßig mehrere Leistungsschranken benötigt werden und unter Umständen nicht alle in einer Ebene untergebracht sein können. Hierbei ist auch zu erkennen, dass in jeder Ebene Wanddurchbrüche für Abluft vorgesehen sind, damit Abluft durch Sammelkanäle herausgeleitet und in den Turm der Windenergieanlage geleitet werden kann, wo dann durch einen Wärmeaustausch mit der Turmwandung die Luft abgekühlt wird.

Wenn die Einhausung geschlossen ist, ist es auch möglich, dass der Luftdruck innerhalb der Einhausung unterschiedlich vom Luftdruck außerhalb der Einhausung ist, insbesondere auch der Luftdruck außerhalb der Einhausung aber innerhalb des Turms.

Es kann schließlich auch vorgesehen sein, dass innerhalb der Einhausung und/oder in einem der Luftkanäle eine Wärme- und/oder Kühleinrichtung ausgebildet ist, so dass die Temperatur innerhalb der Einhausung beeinflussbar ist. Eine Wärmeeinrichtung ist unter Umständen dann sinnvoll, wenn die Anlage – aus welchen Gründen auch immer – für einen längeren Zeitraum stillge-

standen hat und im Winter auf Temperaturen abkühlt, die unerwünscht sind. Andererseits kann mit einer Kühleinrichtung (z. B. Wärmetauscher) die Kühlung der Luft innerhalb der Einhausung sehr effektiv und schnell erfolgen.

Schließlich ist es vorteilhaft, wenn die gesamte Einhausung als selbsttragende  
5 Einrichtung ausgebildet ist, so dass mit den in der Einhausung untergebrachten Einrichtungen die gesamte Einhausung transportierbar und insbesondere an einem Kran verfahrbar ist. Insbesondere wenn die Einhausung ein Rohr (z. B. aus Stahl) ist, ist eine solche Lösung ohne weiteres möglich. Der Vorteil dieser Lösung besteht insbesondere darin, dass dann die gesamte Einhausung  
10 nebst aller darin befindlichen Teile werksseitig und somit in höchster Qualität gefertigt werden kann und nur noch zum Aufstellort transportiert werden muss.

Auch kann durch die vorgegebene Lösung eine eventuelle spätere Demontage erheblich erleichtert werden.

15 Die. Figuren 12 bis 16 zeigen weitere Details einer erfindungsgemäßen Windenergieanlage mit dem bereits beschriebenen Leistungsmodul. Dabei wird insbesondere beschrieben, wie zwischen dem äußeren Eingang zum Turm der Windenergieanlage und dem Inneren der Anlage, also dort, wo die elektronischen und elektrischen wichtigen Teile des Leistungsmoduls liegen, eine  
20 Schleuse ausgebildet ist, welche verhindert, dass für den Fall, dass die gesamte Windenergieanlage als Offshore-Windenergieanlage eingesetzt wird, salzhaltige Luft bzw. Salzwasser in das Innere der Anlage gelangen kann und somit elektrische oder elektronische Teile beschädigen oder zerstören kann.

Fig. 15 zeigt in einem Teillängsschnitt des unteren Turms verschiedene Ebenen,  
25 auf die sich unter Umständen das Leistungsmodul unterteilt und in der Figur 15, rechts oben den äußeren Eingang zum Turminneren. Dieser Eingang ist regelmäßig ein Tor bzw. eine Tür, die jeweils verschließbar ist. Wie bereits in der Fig. 15 zu erkennen, geht von dieser Tür 100 nach innen im Wesentlichen senkrecht zur Turmwandung eine Plattform 101 ab, welche be-

2  
men

vorzugt direkt mit dem Turm verbunden ist, so dass diese Plattform bereits dann begehbar ist, wenn der Turm aufgestellt ist.

Fig. 16 zeigt die in Fig. 15 dargestellte Ausführung mit Blick von oben, wobei das Rohrmodul 7 zu sehen ist wie auch das Tor 100 und die Plattform 101.

5 Seitlich zu der Plattform gibt es weitere Plattformen, bevorzugt Gitterroste, die auch fest an der Turmwandung angebracht sind und die es ermöglichen, dass eine Person schon in einem sehr frühzeitigen Stadium nach dem Aufbau der Windenergieanlage durch das Tor über die vorbeschriebenen Plattformen 101, 102 zu der in dem Turm vorgesehenen Leiter 103 gehen kann.

10 Wie auch in der Aufsicht, wie aber auch in Fig. 15 zu sehen, schließt sich direkt an die Plattform 101 zum Turminnenen hin ein Raum an (s. auch hierzu Fig. 10, rechter unterer Teil der Figur), welcher gegebenenfalls zusammen mit dem Raum, der sich oberhalb der Plattform 101 ausbildet, eine geschlossene Schleuse bildet. Die Fläche dieses Schleusenraumes ist in Fig. 16 gestrichelt dargestellt.

15 In diesen Raum tritt Bedienungspersonal von außen her ein und kann sich in diesem Raum möglicherweise umziehen, zumindest kurzfristig aufhalten. Auch sind in diesem Raum sanitäre Einrichtungen eingerichtet. In diesem Schleusenraum gibt es eine weitere Tür 104, die zum Inneren des Turms, also zu den Einrichtungen des Leistungsmoduls gelangen kann.

20 Diese Tür 104 ist bevorzugt feuchtigkeitsdicht, so dass dann, wenn u.U. Feuchtigkeit in den Schleusenraum gelangt, nicht durch die Tür 104 in das Innere der Anlage gelangen kann.

Fig. 12 zeigt eine Aufsicht von außen auf die Eingangstür 100 der Windenergieanlage.

25 Fig. 13 zeigt nochmals einen vergrößerten Ausschnitt in den Schleuseneingangsraum aus Fig. 16.

Fig. 14 zeigt eine weitere Detailansicht aus Fig. 15. Dort ist gut zu erkennen, dass der Boden des Schleuseneingangsraums am Turminneren selbst befestigt ist und dieser Boden ist bevorzugt feuchtigkeitsdurchlässig, so dass dann, wenn beim Öffnen der Eingangstür 100 Spritzwasser o.dgl. in den Schleuseneingangsraum gelangt, durch den Boden abfließen kann. Unterhalb des Bodens, welcher bevorzugt auch als Gitterrost ausgebildet ist, ist eine nach außen zur Turmwandung hin geneigte wasserundurchlässige Platte ausgebildet. Wenn also Spritzwasser oder auch Feuchtigkeit von der Kleidung des Bedienpersonals in diesen Raum durch das Gitterrost abtropft, so kann dieses Wasser direkt wieder nach außen durch eine Öffnung 105 abfließen.

Wie auch in Fig. 16 aber auch in den Fig. 14 und 13 zu erkennen, kann der Schleuseneingangsraum 101 durch eine weitere Tür 106 verschließbar sein. Diese Tür, welche auch bevorzugt feuchtigkeits- und wasserdicht ist, trennt den Schleuseneingangsraum zum Schleusenzentralraum mit den bereits beschriebenen sanitären Einrichtungen.



### Ansprüche

1. Windenergieanlage mit einem Turm, welcher auf einem Fundament gründet, und einem Leistungsmodul, wobei das Leistungsmodul wenigstens einen Transformator aufweist, mittels dem die elektrische Energie, die vom  
5 Generator der Windenergieanlage zur Verfügung gestellt wird, auf eine mittlere Spannung oder Hochspannung transformiert wird, wobei das Leistungsmodul darüber hinaus weitere Einheiten enthält, mittels denen die elektrische Energie, die vom Generator der Windenergieanlage bereitgestellt wird, gesteuert und/oder geleitet und/oder umgewandelt wird, wobei das Leistungs-  
10 modul einen Träger aufweist, der auf dem Fundament der Windenergieanlage aufgesetzt ist und dass der Träger die elektrischen Einrichtungen des Leistungsmoduls, wie z. B. den Transformator, aufnimmt, und dass Breite und/oder Länge des Leistungsmoduls geringer sind als der Durchmesser des Turms der Windenergieanlage im Fundamentbereich, dadurch gekennzeichnet, dass das Leistungsmodul von einem Behälter mit einer Wandung aufgenommen wird, wobei dessen Wandung zwischen der Turmwandung und dem Leistungsmodul liegt.
2. Windenergieanlage nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, dass der Behälter ein Rohr ist, welches im Wesent-  
20 lichen einen zylindrischen Querschnitt aufweist.
3. Windenergieanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in dem Behälter ein separater Raum ausgebildet ist, welcher als Umkleideraum und/oder Aufenthaltsraum für Servicetechniker der Windenergieanlage zur Verfügung steht.
- 25 4. Windenergieanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Behälter so ausgebildet ist, dass er wasserdicht verschlossen werden kann und insbesondere Mittel zum wasserdichten Verschluss aufweist.

5. Windenergieanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Behälter mit dem Leistungsmodul bereits werksseitig im Turm der Windenergieanlage untergebracht und mit diesem verbunden ist.

5 6. Windenergieanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Behälter mit dem Leistungsmodul vor Errichtung des Turms auf dem Fundament der Windenergieanlage aufgesetzt wird.

6-  
10 7. Windenergieanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der zusätzliche Raum innerhalb des Behälters so ausgestattet ist, dass er auch einen längeren Aufenthalt von mehreren Menschen erlaubt.

8. Verfahren zur Errichtung einer Windenergieanlage mit einem Turm, der auf einem Fundament gründet, sowie einem elektrischen Leistungsmodul, im  
15 Wesentlichen ausgestattet mit einem Transformator und gegebenenfalls einem Wechselrichter oder anderen elektrischen Einrichtungen, z. B. Schaltschränken, die zur Steuerung der Windenergieanlage und/oder Durchleitung und/oder Umwandlung der elektrischen Leistung, die vom Generator der Windenergieanlage zur Verfügung gestellt und in ein Netz eingespeist wird,  
20 vorgesehen sind, wobei das Leistungsmodul innerhalb eines Behälters untergebracht wird, welcher vor Errichtung des Turmes auf dem Fundament gelagert wird oder welcher bei Fertigung des Turmes bereits werksseitig im Turm angebracht wird.

9. Windenergieanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, da-  
25 durch gekennzeichnet, dass die Windenergieanlage eine Offshore-Windenergieanlage ist.

### Zusammenfassung

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zu entwickeln, mittels dem die Errichtung von Windenergieanlagen noch günstiger, vor allem aber auch schneller vorgenommen werden kann.

- 5    Ferner ist es das Ziel der Erfindung, insbesondere eine Lösung zur Verfügung zu stellen, die für Offshore-Windenergieanlagen geeignet ist.

Windenergieanlage bestehend aus einem Turm, welcher auf einem Fundament gründet und einem Leistungsmodul, wobei das Leistungsmodul wenigstens einen Transformator aufweist, mittels dem die elektrische Energie, die  
10    vom Generator der Windenergieanlage zur Verfügung gestellt wird, auf eine mittlere Spannung und/oder Hochspannung transformiert wird, dass das Leistungsmodul darüber hinaus weitere Einheiten enthält, mittels denen die elektrische Energie, die vom Generator der Windenergieanlage bereitgestellt wird,  
15    gesteuert und/oder geleitet wird, wobei das Leistungsmodul einen Träger aufweist, der auf dem Fundament der Windenergieanlage aufgesetzt ist und dass der Träger die elektrischen Einrichtungen des Leistungsmoduls, wie z. B. den Transformator, aufnimmt, und dass Breite und/oder Länge des Leistungsmoduls geringer sind als der Durchmesser des Turms der Windenergieanlage im Fundamentbereich, dadurch gekennzeichnet, dass das Leistungsmodul von  
20    einem Behälter aufgenommen wird, wobei dessen Wandungen zwischen der Turmwandung und dem Leistungsmodul liegt.

(Figur 8)

1/12

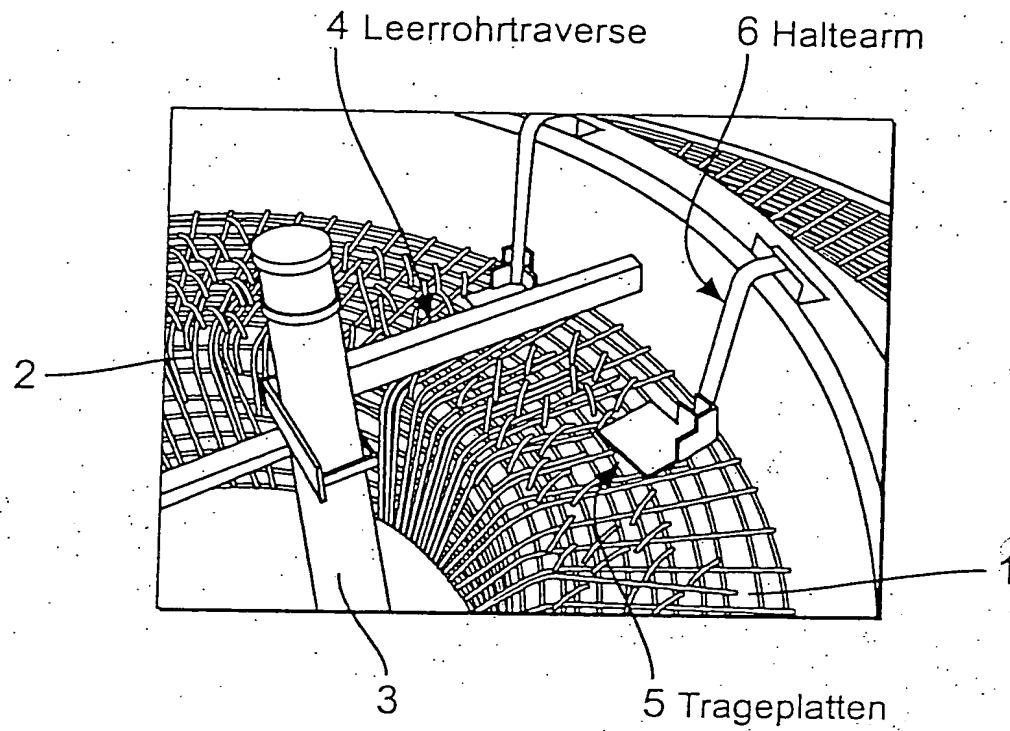


Fig. 1

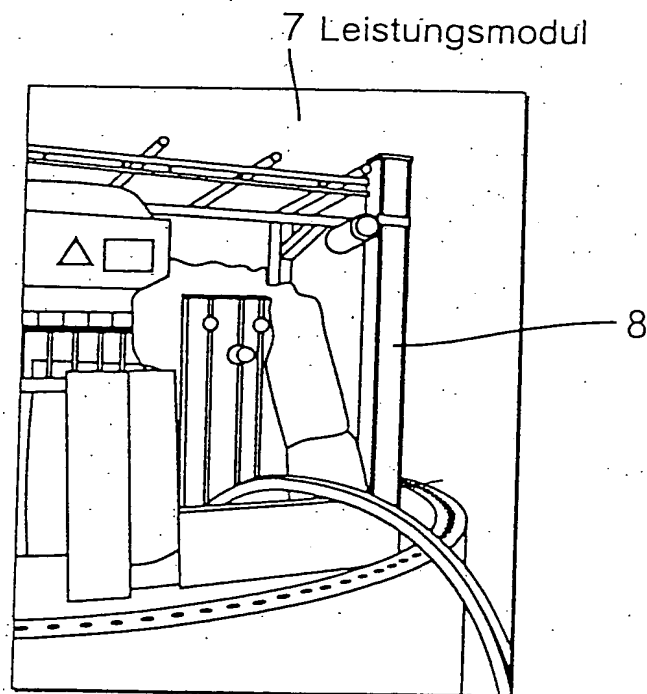


Fig. 2

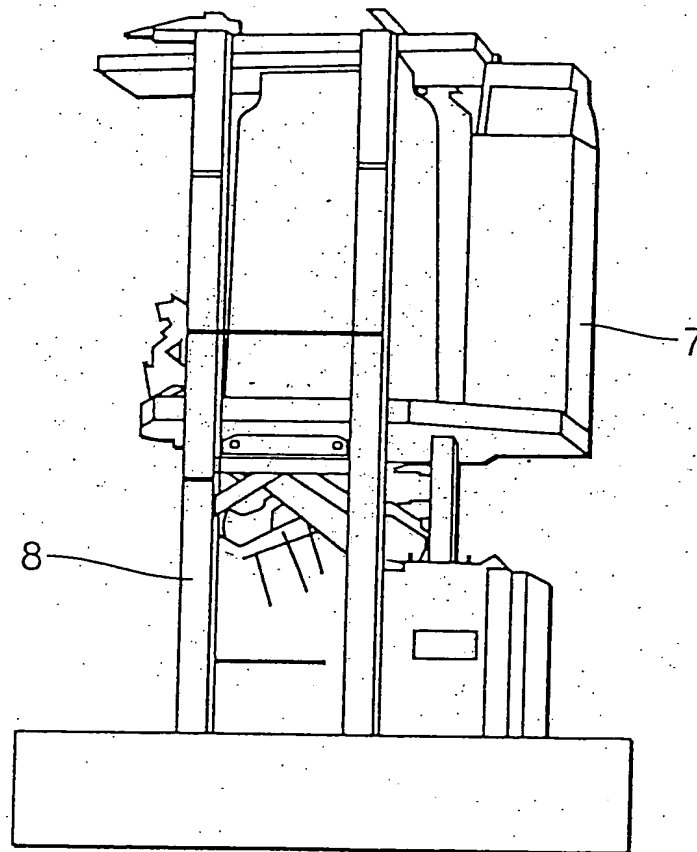


Fig. 3

3/12

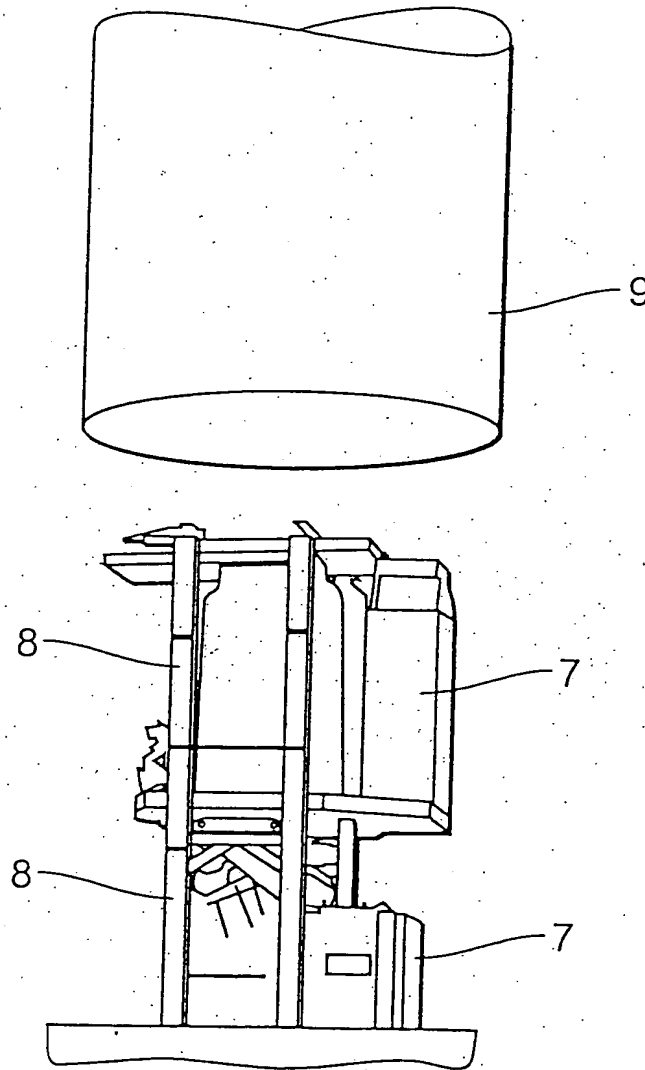
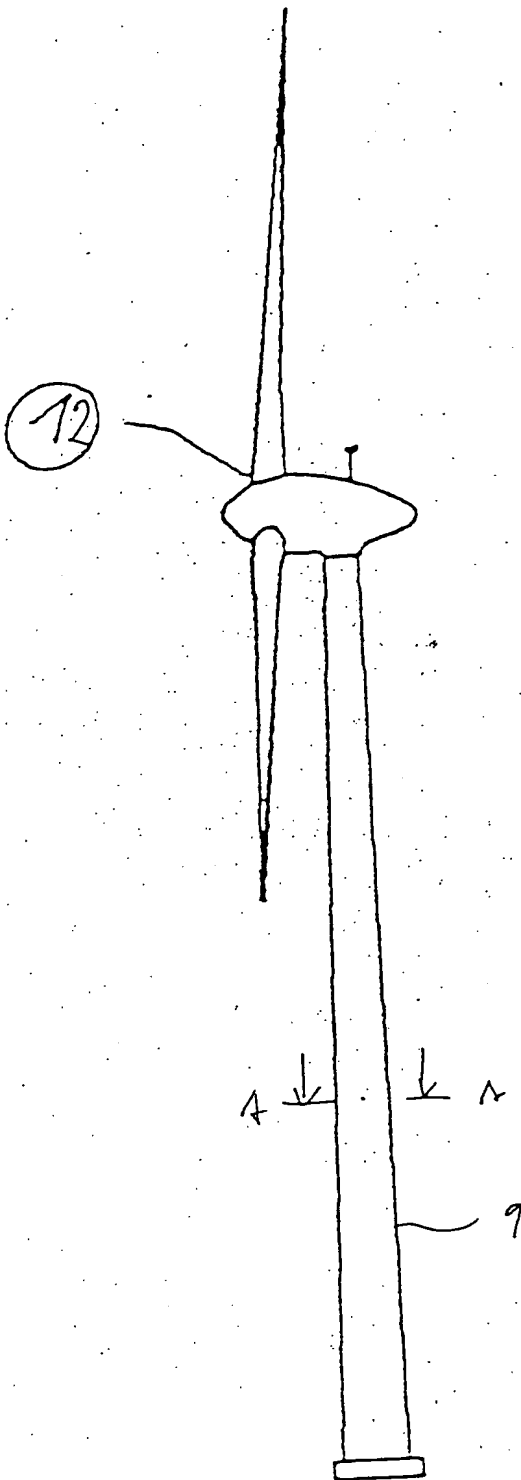


Fig. 4

4/12



Figur 5

5/12

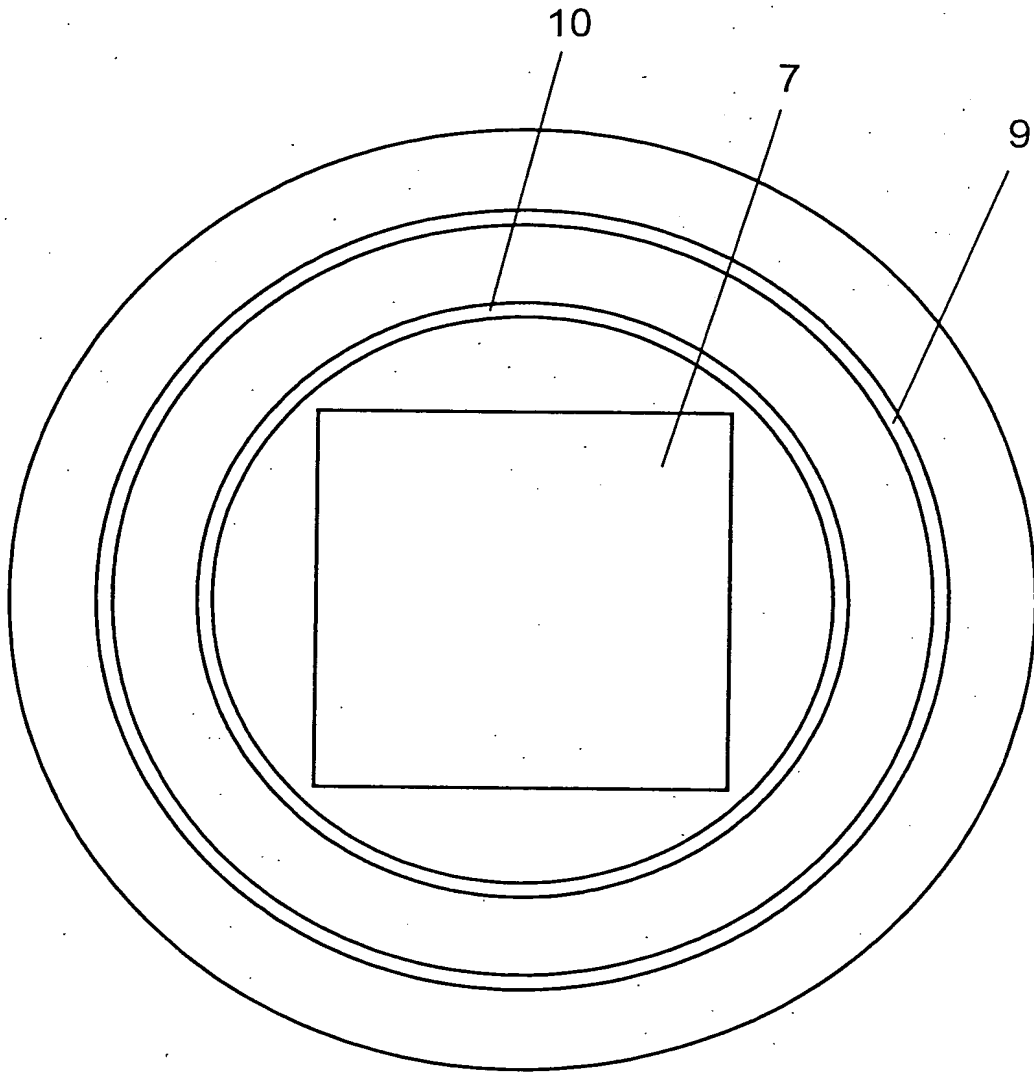


Fig.6



6/12

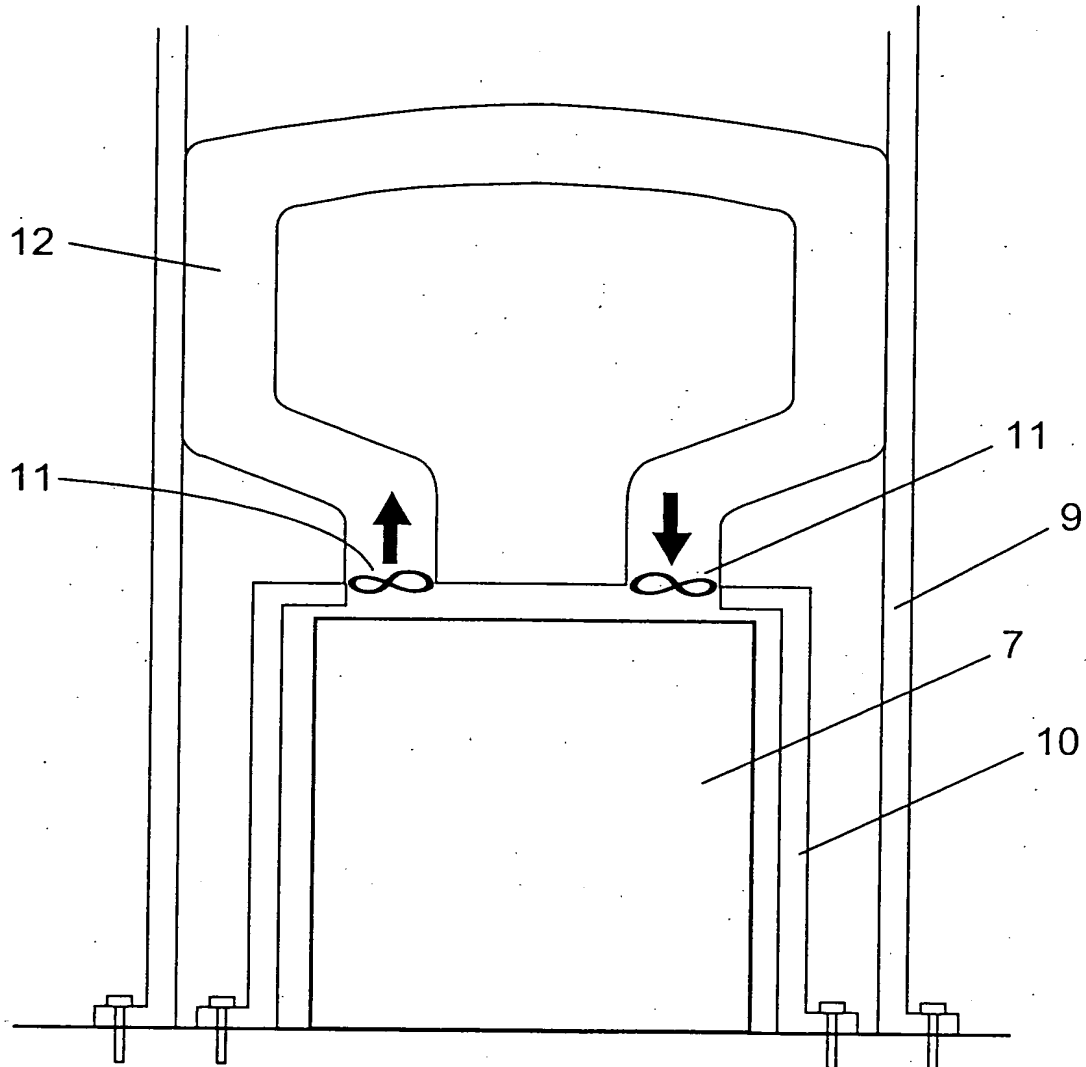


Fig.7

---

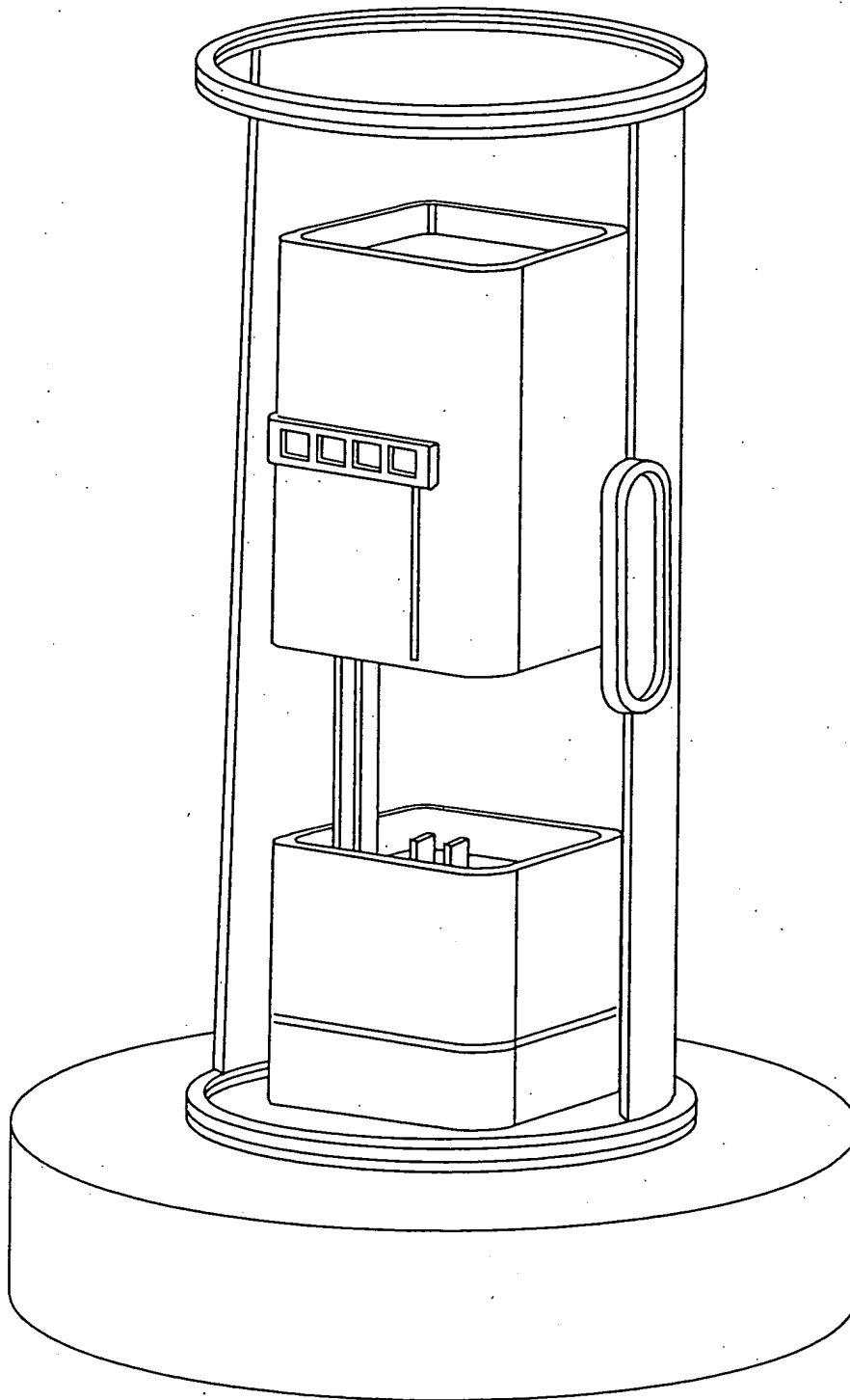
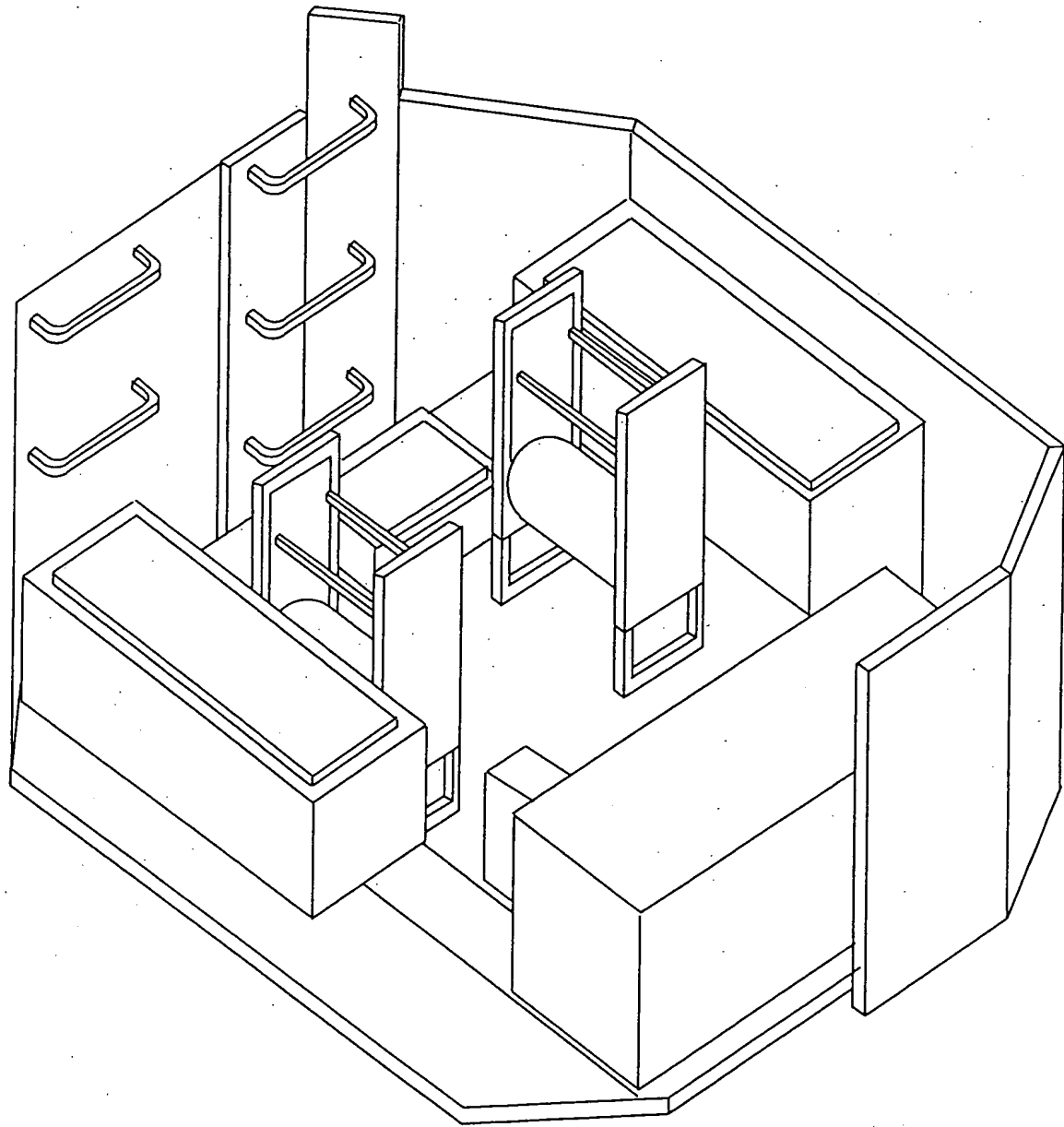
7/12

Fig.8

---

8/12**Fig.9**

---

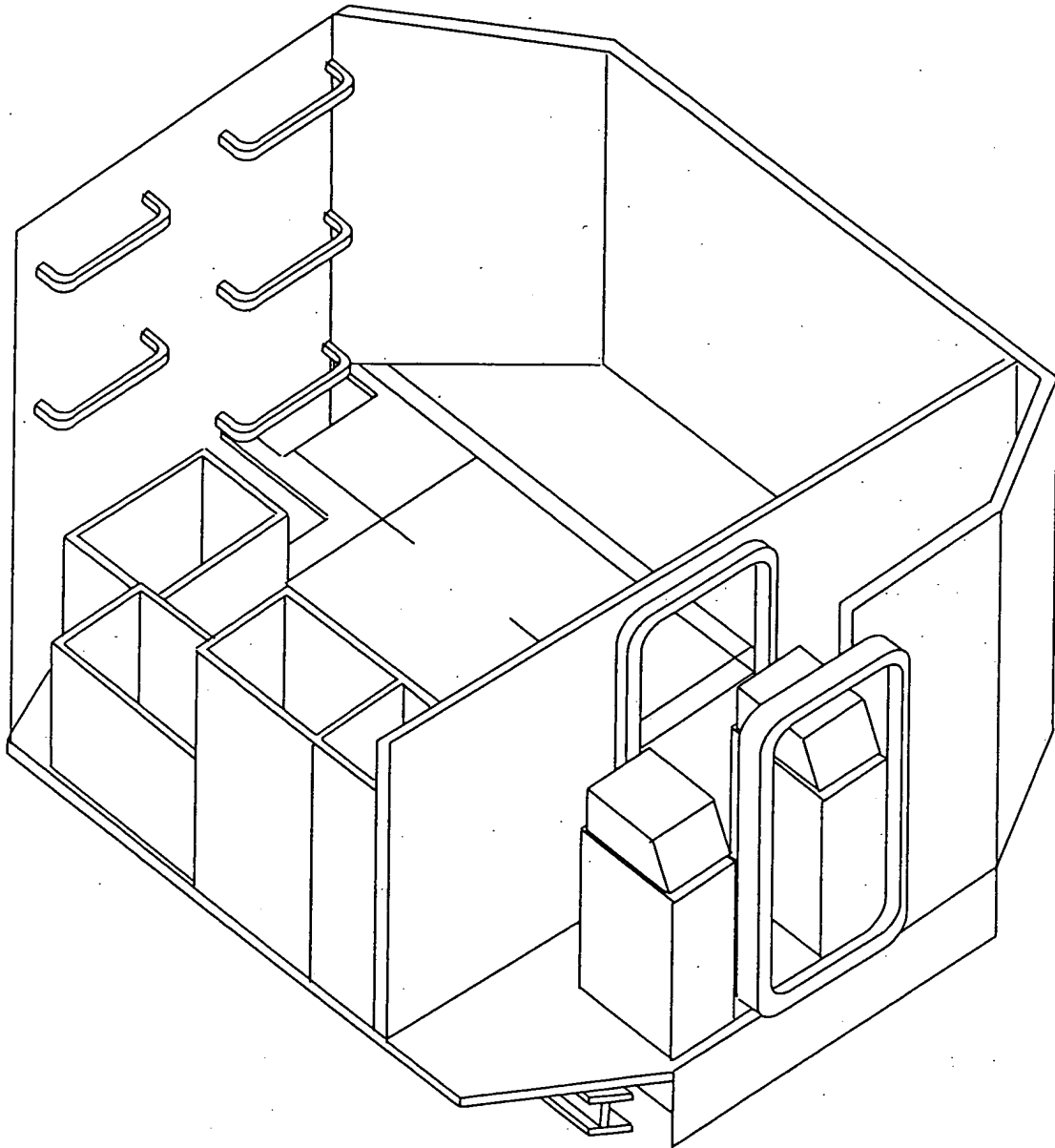
9/12

Fig.10

10/12

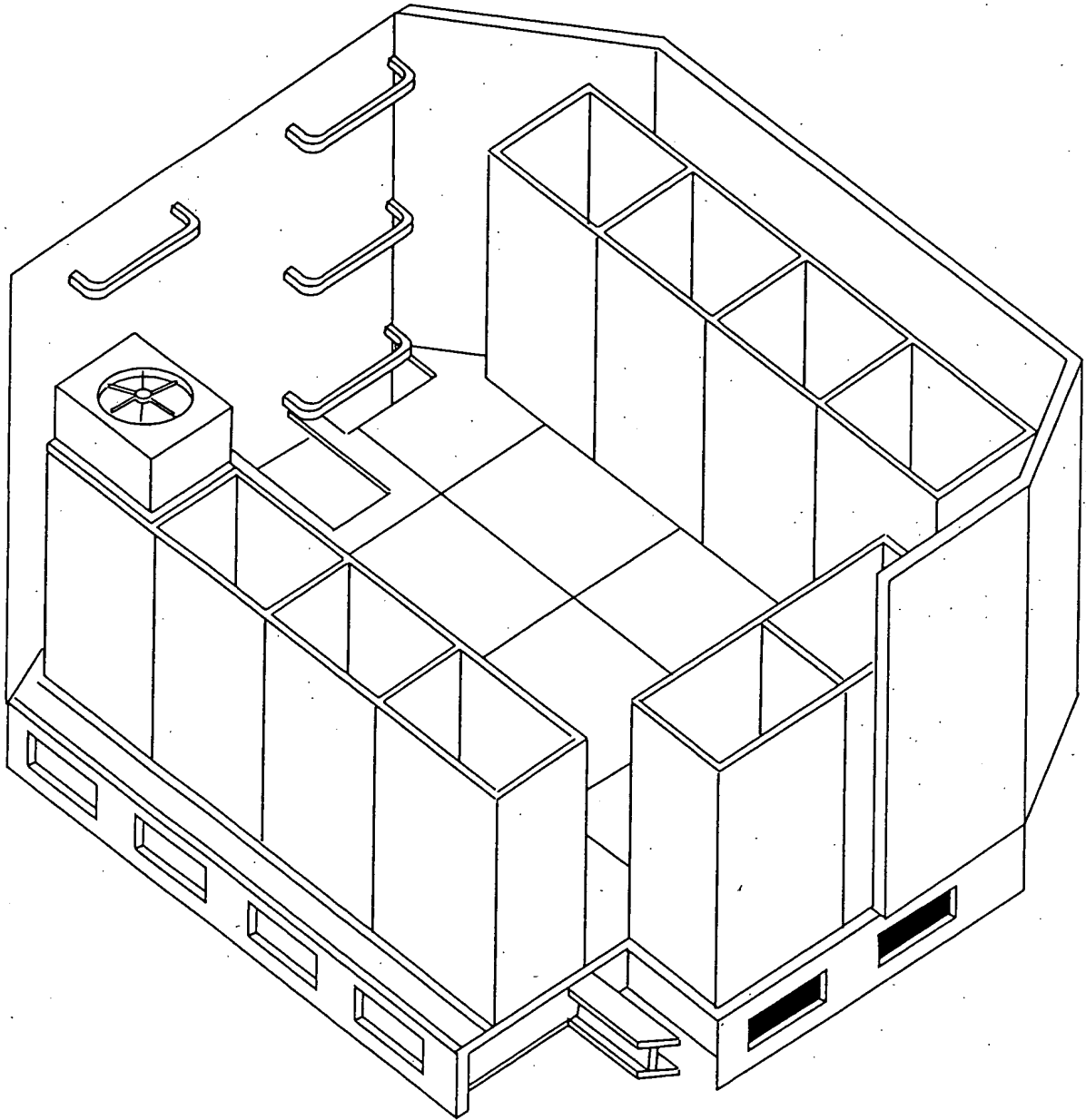


Fig.11

11/12

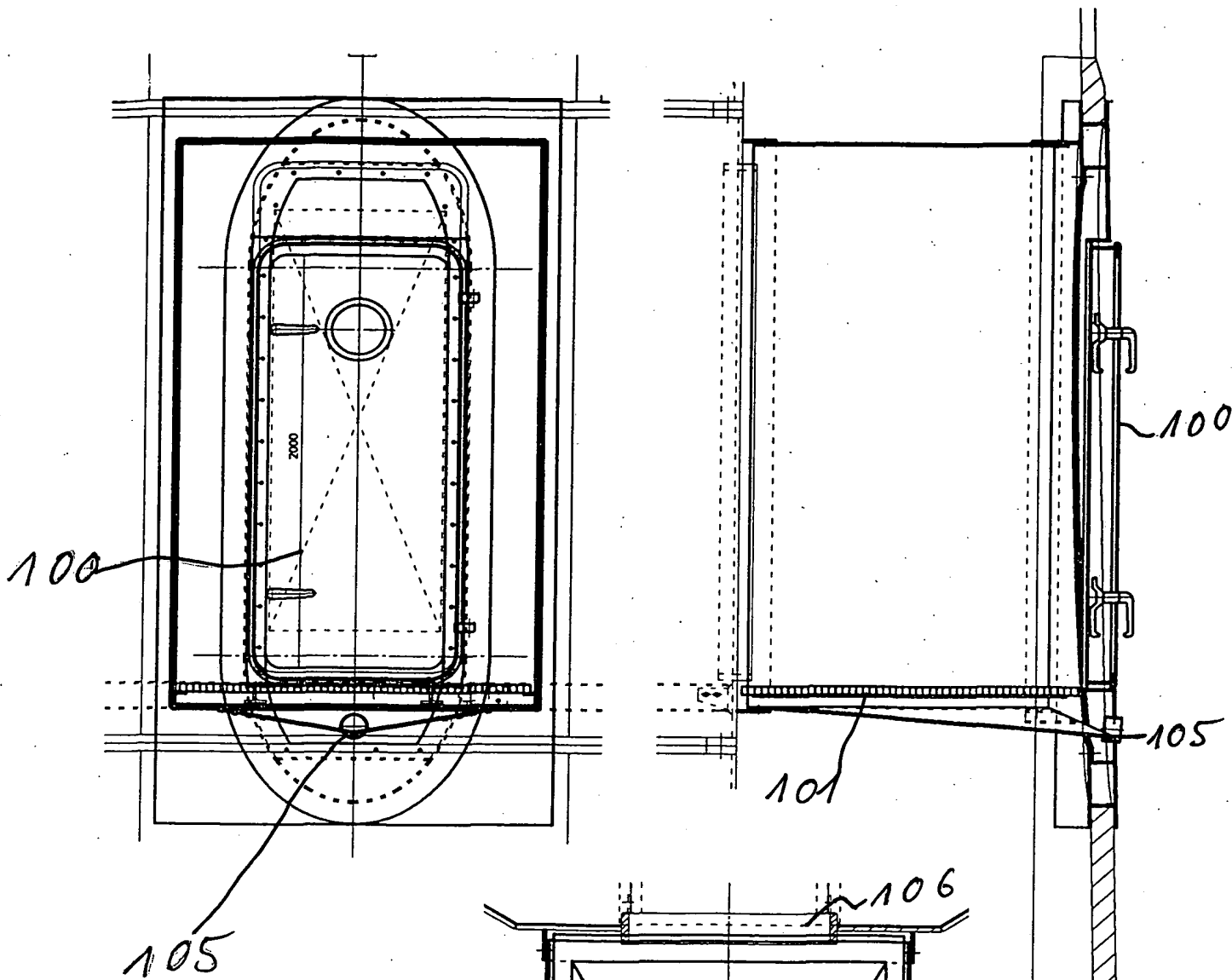


Fig. 12

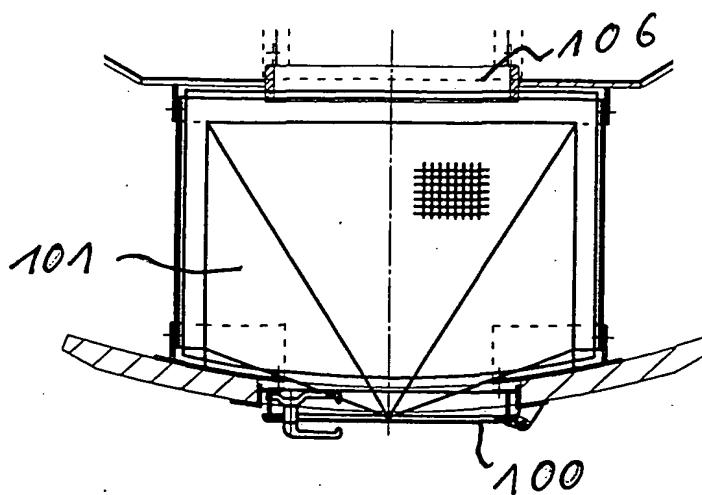
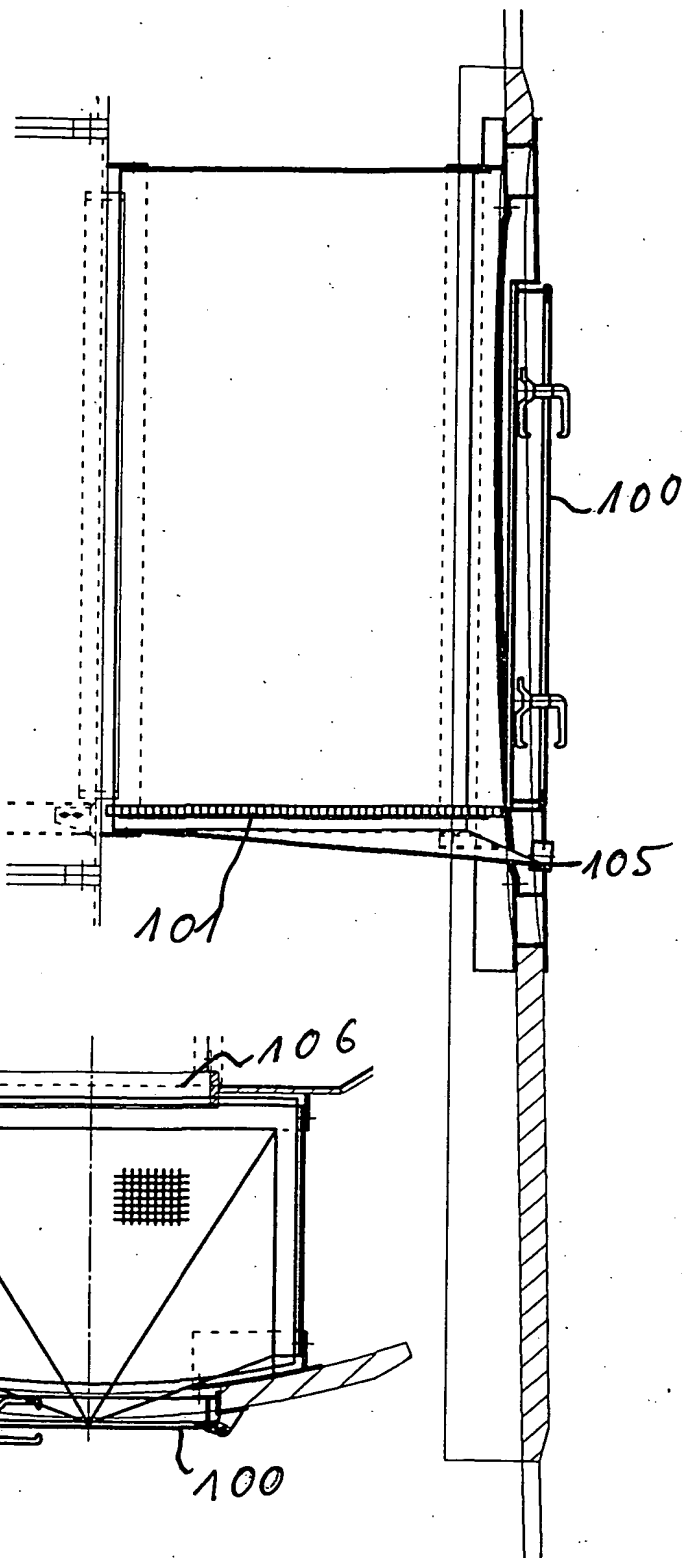


Fig. 13

Fig. 14



12/12

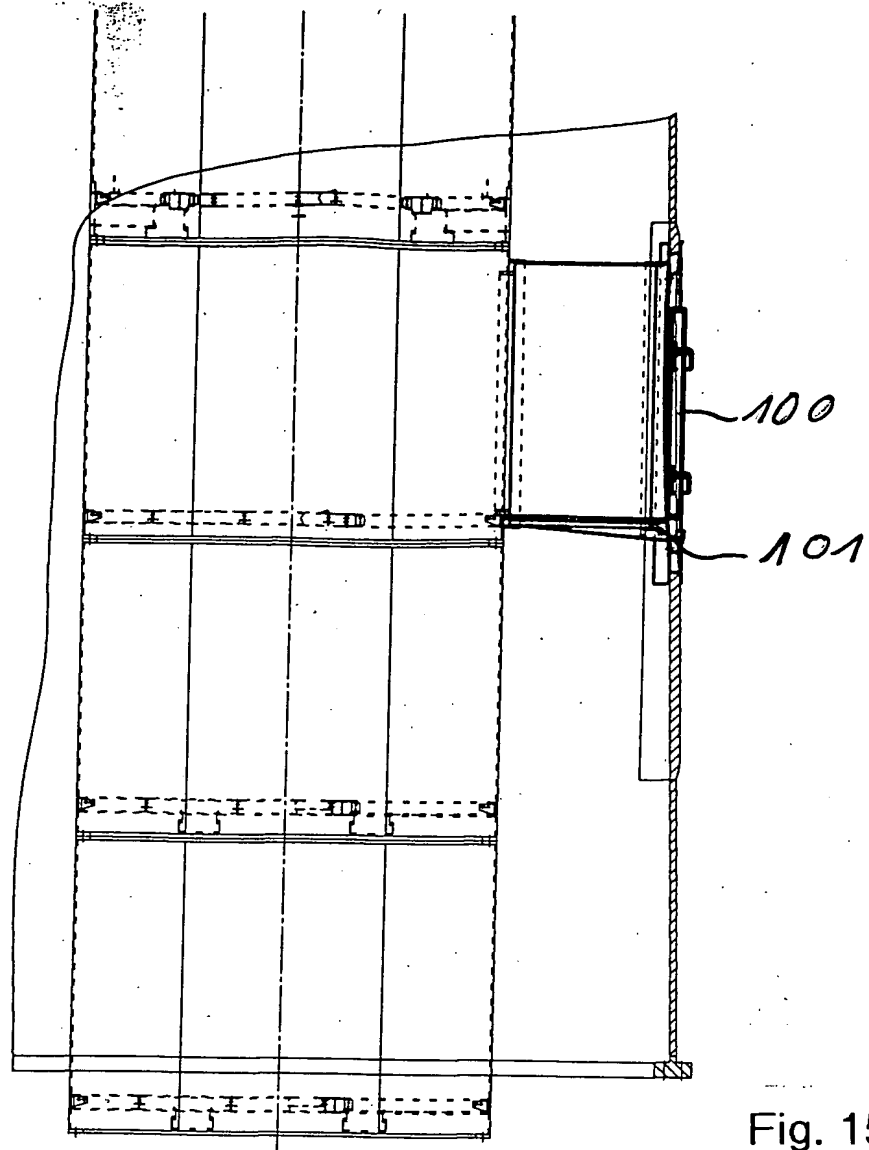


Fig. 15

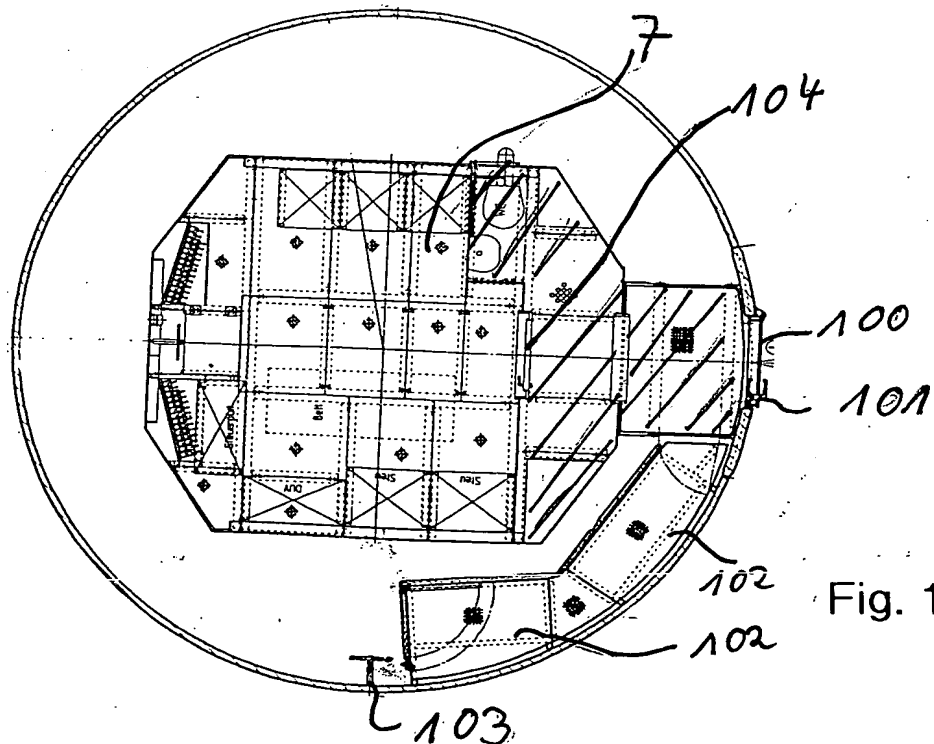


Fig. 16